

# 글루티노사오리나무의 성장과 재질<sup>1</sup> - 종압축 및 휨강도 -

정재훈<sup>2</sup> · 김병로<sup>2,†</sup>

## Wood Quality and Growth of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. in Korea<sup>1</sup> - Compressive and Bending Strength Properties -

Jae-Hun Jeong<sup>2</sup> · Byung-Ro Kim<sup>2,†</sup>

### 요약

본 연구는 4개 산지(유고슬라비아, 이탈리아, 영국, 불가리아)의 24년생 글루티노사오리나무를 대상으로 종압축 및 휨강도 특성을 규명하고, 또한 이들을 성장속도(평균연륜폭)와의 관계도 규명하였다. 압축강도는 231~326 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위였고, 산지 간 차이를 보였다. 세 개 산지는 생장이 좋을수록 압축강도 및 압축영계수는 저하되는 것으로 나타났으나, Yugoslavia산지는 생장이 가장 좋으면서도 가장 높은 강도 값을 나타냈다. 휨강도는 426~727 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위였고, 산지 간 차이가 있었다. 휨강도는 생장이 좋을수록 강도 및 영계수가 커지는 것으로 나타났다. 종자 산지가 다른 글루티노사오리나무 중 유고슬라비아산이 좋은 수고생장과, 다른 산지의 약 2배의 흉고직경을 나타내며, 압축, 휨강도에서도 가장 우수하여 성장과 재질면을 고려했을 때 현시점에서 가장 우수한 품종으로 판단된다.

### ABSTRACT

Relationship between growth rate and wood quality was investigated by mechanical properties with *Alnus glutinosa* L. (24 years old) from 4 different origins of seeds (Bulgary, Italy, United Kingdom and Yugoslavia). Compression strength was in the range of 231~326 kgf/cm<sup>2</sup>, and there was some differences among different origins of seed. Wood cultivated from the seeds of Italy, United Kingdom, and Bulgary showed higher growth rate and had lower compression strength and compression young's modulus. Wood from Yugoslavia seed had the fastest growth rate with higher strength than other three origins of seed. Bending strength was in the range of 426~727 kgf/cm<sup>2</sup>, and there was some differences among the origin of seed. Higher growth rate wood showed higher bending strength and young's modulus than other woods.

Trees cultivated from Yugoslavia seed had two times in diameter than other different origins of seeds, also have

<sup>1</sup> Date Received December 12, 2014, Date Accepted March 24, 2015

<sup>2</sup> 충북대학교 농업생명환경대학 목재·종이과학과. Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author) : 김병로(e-mail: brkim@cbnu.ac.kr)

better compressive strength, bending strength than other origins, which can be recommended as best cultivar in *Alnus glutinosa* L.

**Keywords :** *Alnus glutinosa* L., wood quality, growth rate, compressive strength, bending strength

## 1. 서 론

목재생산을 위한 조림사업은 오랜 시간의 노력과 많은 비용을 지불해야만 이룰 수 있는 장기사업이다. 따라서 이 사업에 기본이 되는 우량한 종자를 선택하는 것은 아주 중요하다. 불량 종자 선택에 따른 임목의 성장불량은 수확할 때까지 장기간 누적되어 결국 막대한 손실을 줌으로 그 중요성은 이루 말할 수가 없다. 이와 같은 중요성을 인식하여 100여 년 전부터 임목에서 우량종자를 얻기 위한 선발육종에 대한 개념이 북유럽에서 싹트기 시작했다(Kim 2006). 그 후 임목육종은 주로 집단선발육종법에 의해 이루어지고 있는데, 이것은 형질이 우수한 부모로부터 우수한 형질의 자손을 얻을 수 있는 확률이 높다고 하는 가설에 기초하고 있다. 따라서 외견상 우수한 많은 수형목을 선발하여, 그 수형목을 크론화 하여, 다수의 수형목으로 구성된 채종원을 조성하고, 이 채종원산 종묘의 보급을 추진하는 것이 일반적이다. 현재까지 채종원의 대부분은 우수한 생장에 중점을 두었으나 최근 임업선진국에서는 우수한 생장과 함께 우수한 재질의 목재 생산에도 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다(Fugisawa *et al.* 1992; Fugisawa *et al.* 1993; Akutsu 2003; Akutsu *et al.* 2006). 따라서 임업선진국에서는 유용수종을 중심으로 역학적 성질인 종압축강도, 휨강도 등이 중요한 재질지표로서 데이터를 축적하고, 동시에 섬유장, 세포경, 세포벽두께, 세포벽 2차벽 중층의 마이크로피릴경각 등 재질에 영향을 미치는 해부학적 지표에 관해서도 지금까지 다수의 연구데이터를 축적하고 있다(Abe 2005). 이와 같이 임업선진국에서는 우수한 목재를 생산하기 위해 생장 특성과 함께 재질 특성을 다양하게 구명하고 있는 실정이나, 국내에서는 Park *et al.* (2006) 이 소나무 우량개체 차대검정림을 대상으로 생장과 재질특성을, Han *et al.* (2014)은 24년생 루브라참나

무의 생장과 재질에 관한 조사 정도로 이에 관련한 연구는 아주 미비한 실정이다.

우수한 목재의 생산을 위해서는 향토수종을 선택하는 것이 가장 안정적이다. 그러나 그간 우리나라는 향토 유용수종의 빈곤으로 외국으로부터의 우량한 조림수종을 다량 도입하여 적응 시험을 거쳐 국내에 보급하여 왔다. 우리나라에 글루티노사오리나무가 처음 도입된 것은 1920년대 초로 핀란드와 독일에서 도입하여 실험한 결과 적응성 등이 우수하여, 1987년에 20개국 36개 산지의 종자를 도입하여 적응성 검정 시험결과 글루티노사오리나무의 우수성이 입증되었다(Lee *et al.* 1994). 따라서 본 연구에서는 전보(Han *et al.* 2015)에 이어 생장특성과 종압축강도 및 휨강도의 재질특성의 관계를 규명하여, 추후 성숙제가 되어 벌기령에 도달하였을 시 재질적으로도 우수한 종자의 산지를 규명하는데 필요한 기초자료를 얻는데 연구의 목적이 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시 재료

본 실험에 사용된 24년생 글루티노사오리나무(*Alnus glutinosa*)재료는 원산지인 유고슬라비아, 이태리, 영국, 불가리아 산지로부터 도입된 것으로, 1988년 임목육종연구소 포지(수원)에 산지별 발아하여 포지 생장한 것을 1989년 충북 산림환경소 미원 시험림에 식재해 생장한 것이다. 이들 중 2012년 8월 평균적인 것을 선발해 공시목으로 사용했다. 이들의 산지 및 수령, 수고, 흉고직경, 평균나이테의 생장상태는 Table 1에 나타났다.

Table 1. Sample trees

Provenance	Tree age (year)	Height (m)	D.B.H (cm)	Average annual ring width (mm)
Yugoslavia	24	15.7	20.83	8.7
Italy	24	11.8	11.33	4.7
United Kingdom	24	15.1	12.42	5.2
Bulgary	24	15.7	11.72	4.9

## 2.2. 실험 방법

### 2.2.1. 종압축강도 시험

종압축강도 시험용 시험편은 공시목의 흉고직경부위에서 정목의 20 mm (T) × 20 mm (R) × 40 mm (L) 크기로 심, 변재로 나누어 가공한 후 웅이, 경사목리 등 결함이 없는 재료를 선별하였다. 이때 심재부위에서는 대부분 3개 이상이 제조되었고, 변재부에서는 규격에 맞는 시험편이 제조되지 못했다. 이들을 향온항습실(DAIHAN labtech LHT-2250C)에서 온도 20℃, 관습습도 65% 조건에서 조습시킨 후 실험에 사용하였다.

종압축강도 시험은 KSF 2206에 따라 만능강도시험기(INSTRON사, Model 4206)를 사용하여 매분 100 kgf/cm<sup>2</sup>의 하중속도(Cross head speed)로 시험한 후 아래의 식을 이용하여 종압축강도( $\sigma_c$ ) 및 종압축탄성계수( $E_c$ )를 구하였다.

$$\sigma_c (\text{종압축강도}) = P/A$$

P : 최대하중(Newton), A : 단면적(m<sup>2</sup>)

$$E_c (\text{종압축탄성계수}) = (\Delta P \times \ell) / (\Delta \ell \times A)$$

$\Delta P$  : 비례 영역에 있어서의 상한 하중과 하한 하중과의 차(Newton)

$\ell$  : 표점거리(m)

$\Delta \ell$  :  $\Delta P$ 에 대응하는 수축(m)

A : 단면적(m<sup>2</sup>)

### 2.2.2. 휨강도 시험

종압축 시험과 동일한 조건으로 시험편을 제작하

여 20 mm (T) × 20 mm (R) × 320 mm (L)의 크기로 가공하여 시험을 실시하였다. 이때 일부 공시목에서 변재부의 시험편도 제작되었다. 휨 강도성능시험은 만능강도시험기(INSTRON사, Model 4206)를 이용하여 목재의 휨시험방법(KSF 2208)에 의하여 스패ן(span) 280 mm로, 크로스헤드속도(Cross head speed) 매분 150 kgf/cm<sup>2</sup>로 3점의 중앙집중방식으로 하중을 가하여 시험을 실시하여 아래의 식을 이용하여 휨강도(MOR, modulus of rupture)와 탄성계수(MOE, modulus of elasticity)를 구하였다.

$$MOR = 3Pl/2bh^2$$

여기서,

P : 최대하중(Newton)

l : 스패ן(span, m)

b : 폭(나비, m)

h : 높이(두께, m)

$$MOE = \Delta Pl^3/4bh^3\Delta y$$

여기서,

$\Delta P$  : 비례영역에 있어서 상한 하중과 하한 하중과의 차(Newton)

$\Delta y$  :  $\Delta P$ 에 대응하는 스패ן중앙의 처짐(편향, m)

l : 스패ן(span, m)

b : 폭(나비, m)

h : 높이(두께, m)

Table 2. Axial compressive properties of *Alnus glutinosa*

Provenance		MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Proportional limit (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )
Yugoslavia	Heartwood	326 a*	249 a	18477 a
Italy	Heartwood	279 b	214 ab	17481 a
United Kingdom	Heartwood	231 c	170 c	14523 a
Bulgary	Heartwood	260 bc	176 bc	17424 a

\* : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

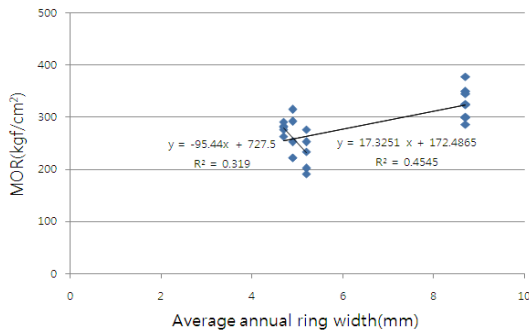


Fig. 1. Relationship between MOR (compression) and average annual ring width in heartwood of *Alnus glutinosa*.

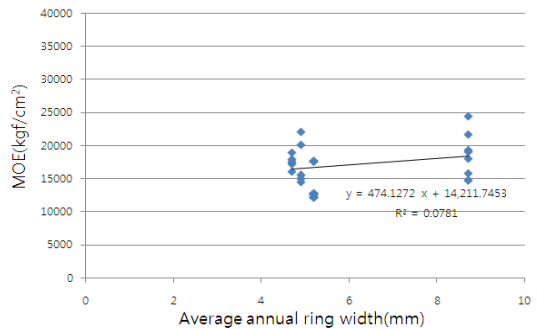


Fig. 2. Relationship between MOE (compression) and average annual ring width in heartwood of *Alnus glutinosa*.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 압축강도

Table 2는 글루티노사오리나무 4개 산지의 압축강도, 압축비례한도강도 및 압축영계수 값을 나타낸 것이다. 압축강도는 231~326 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 274 kgf/cm<sup>2</sup>로 나타났고, 압축비례한도는 170~249 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 202 kgf/cm<sup>2</sup>로 나타났고, 압축영계수는 14,523~18,477 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 16,976 kgf/cm<sup>2</sup>의 값을 나타냈다. Kim *et al.* (2008)은 국내 자생 물오리나무의 경우 압축강도가 440 kgf/cm<sup>2</sup>로, Cho *et al.* (1990)은 오리나무의 압축강도는 450 kgf/cm<sup>2</sup>로 보고하고 있는데, 이는 성숙재의 경우로 생각되며, 본 글루티노사오리나무의 강도는 현재 24년생으로 주로 미성숙재인 관계로 작은 값을 나타낸 것으로 생각되므로, 실질적인 비교는 글루티

노사오리나무가 성숙재시 가능할 것으로 생각된다. 산지 간의 각 강도 값의 차이 유무를 알기 위해 던컨 테스트를 실시한 결과 압축강도와 압축비례한도는 산지 간 유의차가 있는 것으로 나타났고 압축영계수는 산지 간 유의차가 없는 것으로 나타났다. 압축강도의 경우 Yugoslavia가 가장 높은 압축 강도를 나타냈고 그 다음은 Italy, Bulgaria, United Kingdom의 순으로 나타났다. 압축 비례한도는 압축강도와 비슷한 결과를 나타냈다.

Fig. 1은 생장(평균연륜폭)과 압축강도와의 관계를 나타낸 것으로 4개 산지의 경우 생장과 압축강도와는 정의 관계를 나타나는 것으로 나타났다. 그러나 자세히 보면 Yugoslavia 1개 산지 수종에 의한 영향으로 정의 상관을 나타낸 것을 알 수 있었고, 나머지 3개 산지에 대해 생장(평균연륜폭)과 압축강도와의 관계를 조사해 보면 생장이 좋을수록 강도는 저하되는 부의 관계를 나타내는 것으로 나타났다.

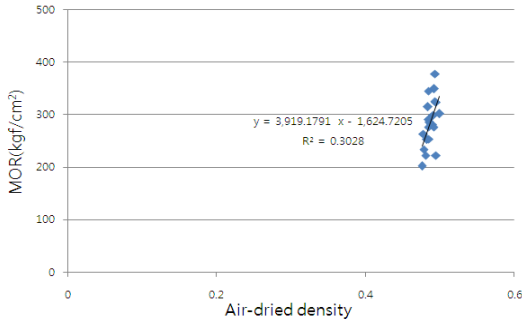


Fig. 3. Relationship between MOR (compression) and air density in heartwood of *Alnus glutinosa*.

Yugoslavia 산지의 경우만 생장이 가장 좋으면서도 가장 높은 강도 값을 나타냈다. Fig. 2는 생장과 압축영계수와의 관계를 나타낸 것으로 압축강도와 같이 3개 산지는 생장이 좋을수록 강도는 저하되는 것으로 나타났으나, Yugoslavia 산지의 경우는 반대로 나타났다. 즉 생장이 가장 좋으면서도 가장 높은 압축영계수 값을 나타냈다. 연륜폭과 강도와의 관계는 활엽수 산공재의 경우 연륜폭이 넓을수록 즉 생장이 좋을수록 강도는 저하되는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.* 1989). 글루티노사오리나무는 산공재로서 압축강도 값이 3개 산지에서는 전형적인 산공재의 특징을 나타냈지만, Yugoslavia 산지의 경우는 생장이 좋고 강도도 크게 나타나는 환공재의 특징을 나타냈다. 이러한 결과에 대해서는 해부학적인 조사가 이루어져야 할 것으로 생각되며, 특히 도관보다는 목섬유에 의한 영향으로 생각되며 이에 대한 조사와 함께, 샘플 수를 늘려 조사할 필요가 있을 것으로 생각된다. Fig. 3는 비중과 압축강도와의 관계를 나타낸 것으로 정의 상관인 것으로 나타났다. Fig. 4 압축강도와 압축영계수와의 관계를 나타낸 것으로 정의 상관인 것으로 나타났다.

### 3.2. 휨강도

Table 3은 글루티노사오리나무 4개 산지의 휨강도, 휨비레한도강도 및 휨영계수를 나타낸 것이다. 휨강도는 심재부가 426~727 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로

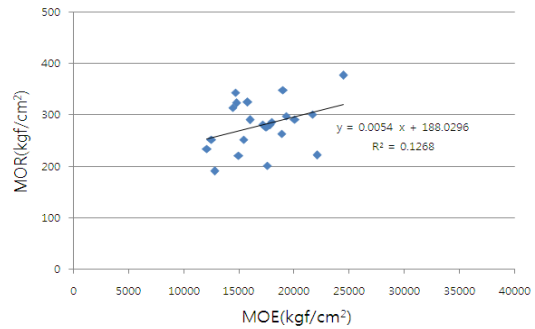


Fig. 4. Relationship between MOR and MOE for compression of *Alnus glutinosa*.

평균 614 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈고, 변재부는 1개 산지(Yugoslavia)의 개체에서 시편을 제조할 수 있었는데 679 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈다. 휨비레한도강도는 심재부가 281~337 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 314 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈고, 변재부(Yugoslavia)는 318 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈다. 휨영계수는 심재부가 46,311~63,753 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 56,957 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈고, 변재부(Yugoslavia)는 70,056 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈다. Cho *et al.* (1990)은 국산재 오리나무의 휨강도는 850 kgf/cm<sup>2</sup>으로 보고하고 있어, 상대적으로 글루티노사오리나무의 휨강도가 압축강도와 같이 작은 것으로 나타났다. 이도 압축강도와 같이 글루티노사오리나무의 휨강도는 현재 24년생으로 주로 미성숙재인 관계로 작은 값을 나타낸 것으로 생각되므로, 실질적인 비교는 글루티노사오리나무가 성숙재시 가능할 것으로 생각된다. 산지 간의 각 강도 값의 차이유무를 알기 위해 터컨테스트를 실시한 결과 휨강도는 산지 간 유의차가 있는 것으로 나타났고, 휨비레한도강도와 휨영계수에서는 유의차가 없는 것으로 확인됐다. 휨강도의 경우 압축강도와 같이 Yugoslavia산이 가장 높게 나타났으며 심지어 Yugoslavia산 변재부도 다른 산지의 심재부보다도 높은 값을 나타냈다. 다음으로 Bulgaria, United Kingdom가 높은 값을 보였고, Italy가 낮은 값을 나타냈다.

Fig. 5는 생장과 휨강도와의 관계를 나타낸 것으로, 생장이 좋을수록 휨강도가 높은 경향을 나타냈다. 앞서서도 언급했듯이 연륜폭과 강도와의 관계는

Table 3. Bending properties of *Alnus glutinosa*

Provenance		MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Proportional limit (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )
Yugoslavia	Sapwood	679	318	70056
	Heartwood	727 a*	337 a	62890 a
Italy	Sapwood	-	-	-
	Heartwood	426 b	281 a	46311 a
United Kingdom	Sapwood	-	-	-
	Heartwood	592 a	318 a	54872 a
Bulgary	Sapwood	-	-	-
	Heartwood	709 a	321 a	63753 a

\* : Duncan Grouping (Subscripts indicate significant effect at 0.05% level)

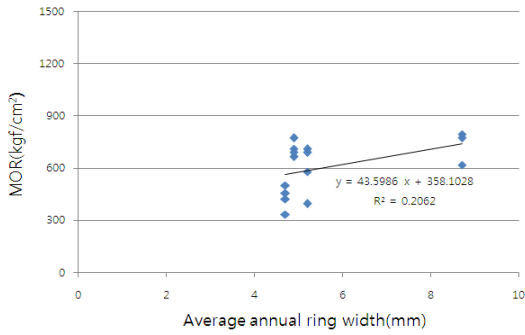


Fig. 5. Relationship between MOR (bending) and average annual ring width of *Alnus glutinosa*.

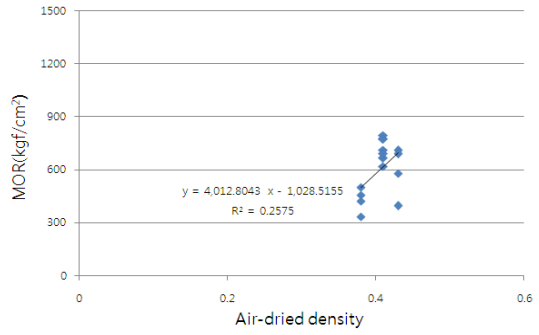


Fig. 7. Relationship between MOR (bending) and air density in heartwood of *Alnus glutinosa*.

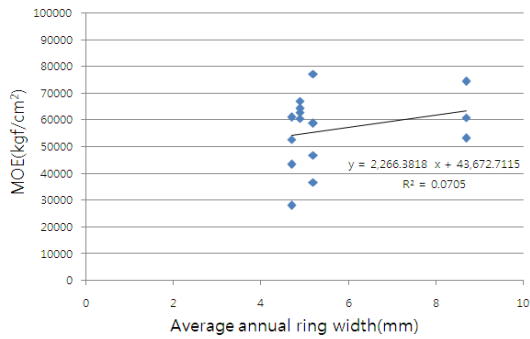


Fig. 6. Relationship MOE and average annual ring width of *Alnus glutinosa*.

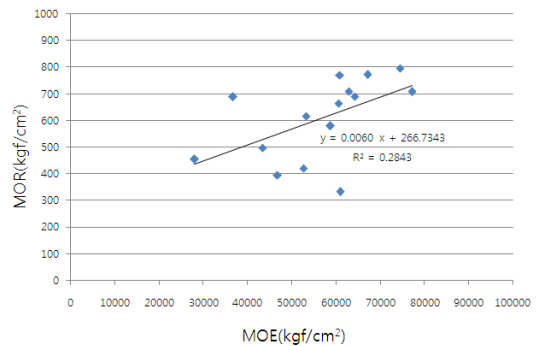


Fig. 8. Relationship between MOR and MOE for bending of *Alnus glutinosa*.

활엽수 산공재의 경우 연륜폭이 넓을수록 즉 생장이 좋을수록 강도는 저하되는 것으로 알려져 있는데 (Lee *et al.* 1989), 산공재인 글루티노사오리나무가 생장과 휨강도와의 관계에서 정의 관계를 나타내고 또한 압축강도에서의 Yugoslavia 산지가 생장이 가장 좋으면서도 가장 높은 압축강도 값을 나타낸 것은 지금까지와는 다른 결과로 이는 다각적으로 조사가 되어져야 할 것으로 생각한다. Han *et al.* (2014)은 도입육성시험 중인 24년생 루브라참나무의 경우 생장이 빠르면 강도가 낮아지는 경향이 있는 것으로 보고하고 있다. 활엽수 환공재의 경우 연륜폭이 넓을수록 즉 생장이 좋을수록 강도는 높아지는 것으로 알려져 있는데(Lee *et al.* 1989), 환공재인 루브라참나무의 경우도 지금까지 알려진 거와는 다른 경향을 나타냈다고 보고하고 있다. Fig. 6은 생장과 휨영계수와의 관계를 나타낸 것으로, 생장이 좋을수록 휨영계수도 높은 경향을 나타냈다. Fig. 7은 비중과 휨영계수와의 관계를 나타낸 것으로 정의 상관이 있는 것으로 나타났다. Fig. 8은 휨강도와 휨영계수와의 관계를 나타낸 것으로, 휨강도가 증가할수록 휨영계수 또한 증가하는 상관관계를 보였다.

#### 4. 결 론

본 연구는 4개 산지(yugoslavia, Italy, United Kingdom, Bulgary)의 24년생 글루티노사오리나무를 대상으로 종압축 및 휨강도 특성을 규명하고, 또한 이들을 성장속도(평균연륜폭)와의 관계도 규명하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 종압축강도는 231~326 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 274 kgf/cm<sup>2</sup>, 압축비례한도강도는 170~249 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 202 kgf/cm<sup>2</sup>, 압축영계수는 14,523~18,477 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 16,976 kgf/cm<sup>2</sup>의 값을 나타냈고, 산지 간 차이를 보였다. 3개 산지는 생장이 좋을수록 강도 및 영계수는 저하되는 것으로 나타났으나, Yugoslavia 산지는 생장이 가장 좋으면서도 가장 높은 강도 값을 나타냈다.
- 2) 휨강도는 426~727 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 614

kgf/cm<sup>2</sup>, 휨비례한도강도는 281~337 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 314 kgf/cm<sup>2</sup>, 휨영계수는 46,311~63,753 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 평균 56,957 kgf/cm<sup>2</sup>를 나타냈고, 산지 간 차이가 있었다. 휨강도는 생장이 좋을수록 강도 및 영계수가 커지는 것으로 나타났다.

종자 산지가 다른 글루티노사오리나무 중 Yugoslavia 산이 좋은 수고생장과, 다른 산지의 약 2배의 흉고 직경을 나타내며, 압축, 휨강도에서도 가장 우수하여 생장과 재질면을 고려했을 때 현지점에서 가장 우수한 품종으로 판단된다.

#### REFERENCES

- Abe, H. 2005. Present state and future prospects of research on wood anatomy and wood quality. *Mokuzai Gakkaishi* 51(1): 7-9.
- Akutsu, A. 2003. Wood characteristics in plus tree clones of Sugi planted in southern Hokkaido (4). *Hokkaido Forestry Research Institute* 17(5): 8-15.
- Akutsu, A., Fugimoto, T., Kuromaru, M. 2006. Wood properties and genetic variation in plus-tree of todomatsu (*Abies sachalinensis*) (1). *Hokkaido (4). Hokkaido Forestry Research Institute* 20(1): 25-34.
- Cho, J.M., Kang, S.G., Hoo, N.J., Park, S.J. 1990. *Illustrated world wood*. sunjinmoonhwas. Seoul. p. 317.
- Fujisawa, Y., Ohta, S., Nishimura, K., Tajima, M. 1992. Wood characteristic and genetic variation in Sugi. *Mokuzai Gakkaishi* 38(7): 638-644.
- Fujisawa, Y., Ohta, S., Tajima, M. 1993. Wood characteristic and genetic variation in Sugi II. *Mokuzai Gakkaishi* 39(8): 875-882.
- Han, M.S., Lee, C.J., Park, B.S., Kim, B.R. 2014. Studies on wood quality and growth of *Quercus rubra* (24 years old) in Korea. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 42(3):

- 327-348.
- Han, J.H., Jeong, J.H., Lee, G.Y., Kim, B.R. 2015. Studies on wood quality and growth of *Alnus glutinosa* (L.) in Korea-Physical Properties-. Journal of The Korean Wood Science and Technology 43(1): 1-8.
- Kim, B.R., Park, W.K., Choi, T.h. 2008. Properties of major Korean wood species for furniture manufacturing. Journal of the Korea Furniture Society 19(5): 365-374.
- Kim, C.H. 2006. Studies on the pruning method for seed production in clonal seed orchard. Thesis of the Degree of Master. Chungbuk National University.
- Lee, H.H., Wee, H., Lee, W.Y., Hong, B.W., Park, S.J. 1989. Wood physics and mechanics. Hyangmoonsa. Seoul, Korea. p. 39.
- Lee, J.C., Han, Y.C., Ryu, K.O., Lee, K.Y. 1994. Provenance variation in growth performance of (L.) Gaertn. at age five. Research Report of the Institute of Forest Genetics Korea 30: 64-74.
- Park, B.S., Park, J.H., Han, S.U. 2006. Variation of material properties of Korea red pine of superior families. Journal of Korea Forestry Energy 25(2): 9-15.
- Paul, B.H. 1963. The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. USDA Forest Service Technology Bulletin 1288.